

# **Инновационные аспекты в инженерных изысканиях на объектах использования атомной энергии**

Болдырев Г.Г., ООО «НПП Геотек»



# Этапы инновационного развития

**Инновация** – это внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост продукции, востребованную рынком ([ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)).

При разработке инновационной продукции необходимо решить следующие задачи:

1. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
2. Создание опытного образца продукции
3. Организация серийного производства и маркетинг
4. Обучение специалистов новым технологиям.
5. Разработка стандарта для новой технологии.

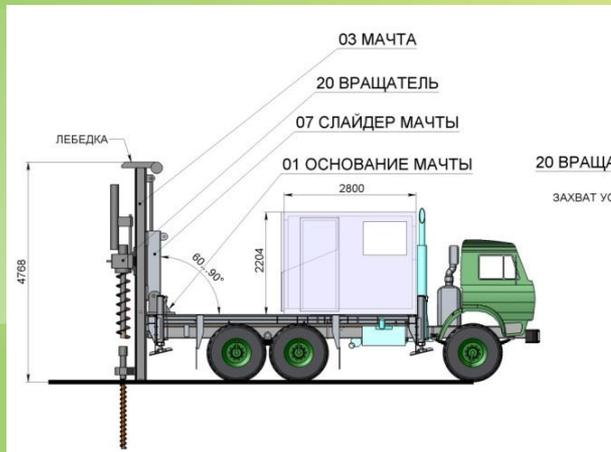
Табл. 1. Основные виды полевых испытаний дисперсных грунтов

Метод испытаний	Условное обозначение	Стандарт	Измеряемые физические величины	Определяемые характеристики грунтов
1	2	3	4	5
Динамическое зондирование	SPT	ASTM D 1586 ISO 22476-3 ГОСТ 19912-2012 СТБ ISO 22476-2-2009	– количество ударов ( $N_{60}$ )	– вид грунта – мощность слоя – $c_u, E_u, p_d$
Вращательный срез	VST	ASTM D 2573 ISO 22476-9 ГОСТ 20276-2012	– крутящий момент; – угол поворота	– $c_u$
Поступательный и кольцевой срез	BST	ISO 22476-7	– крутящий момент – нормальное давление – касательное давление – деформация сжатия и среза	– $c_u, c, \varphi$
Статическое зондирование тензозондом	CPT	ASTM D 3441 ISO 22476-1 ГОСТ 19912-20012 СТБ Fpr EN ISO 22476-1-2009	– лобовое сопротивление – силы трения – перемещение	– вид грунта – мощность слоя – $c_u, \varphi, E_{oed}$
Статическое зондирование пьезозондом	CPTU	ISO 22476-1 ASTM D 5778 СТБ Fpr EN ISO 22476-1-2009	– лобовое сопротивление – силы трения – поровое давление – боковое давление	– вид грунта – мощность слоя – $c_u, \varphi, OCR, K_o, E_{oed}, \rho, e_o, I_D, S_t$
Статическое зондирование сейсмомониторингом	SCPTU	Нет стандарта	– лобовое сопротивление – силы трения – поровое давление – боковое давление – скорость волны сдвига	– вид грунта – мощность слоя – $G, c_u, \varphi, OCR, K_o, E_{oed}, \rho, e_o, D_R, S_t$
Радиальный прессиометр	PMT	ASTM D 4679 ISO 22476-4 ГОСТ 20276-2012 СТБ Fpr EN ISO 22476-4-2009	– деформация – напряжения – боковое давление	$p_L, E_{PMT}, K_o, c_u$
Лопастной прессиометр	BPMT	ГОСТ 20276-2012	– давление – перемещение	$E_{PMT}$
Самозабуривающийся прессиометр	SPMT	ASTM D 4679 ISO 22476-6	– давление – перемещение	$E_{PMT}$

1	2	3	4	5
Дилатометр Маркетти	DMT	ASTM D 6635 ISO 22476-11 СТБ Fpr EN ISO 22476-5-2009	– давление – перемещение	$E_{DMT}, K_o$
Жесткий и клиновидный дилатометры	RSD, RWD	Нет стандарта	- горизонтальное давление; – поровое давление; – осадка	$E_{DMT}, K_o$
Плоский штамп	PLT	ГОСТ 20276-2012 ISO 22476-13	– давление – перемещение	$E_{PLT}, p_L, c_u$
Винтовой штамп	RST	ГОСТ 20276-2012	– давление – перемещение	$E_{SPLT}, p_L, c_u$
Шведский винтовой зонд	SWST	ISO 22476-10 ENV 1997-2	– нагрузка – момент вращения – перемещение	$E, \varphi$
Срез цельков грунта		ГОСТ 20276-2012	– касательное напряжение – нормальное напряжение – вертикальная деформация – горизонтальная деформация	$\tau_f, c, \varphi$
Буровое зондирование	RDT	Нет стандарта	- осевая нагрузка - перемещение - крутящий момент - лобовое сопротивление - поровое давление - скорость волны сдвига - вес буровой колонны	
Кольцевой срез в шурфах	RRT	Нет стандарта	- нормальное давление - крутящий момент - перемещение	$c_u, c, \varphi$
Определение скорости продольных и поперечных волн	Downhole Seismic Testing	ASTM D7400	- скорость продольных волн - скорость поперечных волн	Упругие: модуль сдвига, модуль Юнга, коэффициент Пуассона

$E$  – модуль упругости;  $G$  – упругий модуль сдвига;  $E_{PLT}$  – штамповый модуль деформации;  $E_{PMT}$  – прессиометрический модуль деформации;  $E_{SPLT}$  – модуль деформации определенный винтовым штампом;  $E_u$  – недренированный модуль деформации;  $E_{oed}$  – компрессионный модуль деформации;  $K_o$  – коэффициент бокового давления в состоянии покоя;  $c_u$  – недренированная прочность;  $p_L$  – предельное давление;  $p_d$  – динамическое сопротивление грунта;  $w$  – влажность;  $\rho$  – плотность;  $A_{th}$  – коэффициент оттаивания;  $m$  – коэффициент сжимаемости;  $\tau_f$  – предел прочности;  $c$  – удельное сцепление;  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $OCR$  – коэффициент переуплотнения;  $e_o$  – коэффициент пористости;  $I_D$  – относительная плотность;  $S_f$  – чувствительность;  $k$  – коэффициент фильтрации; RSD - Russian Stiffness Dilatometer; RWD - Russian Wedge Dilatometer; RBD - Russian Blade Dilatometer; RDT – Russian Drilling Test; RRT – Russian Ring Test

# Мобильный комплекс для инженерно-геологических и геотехнических изысканий



Проект, май 2014 год

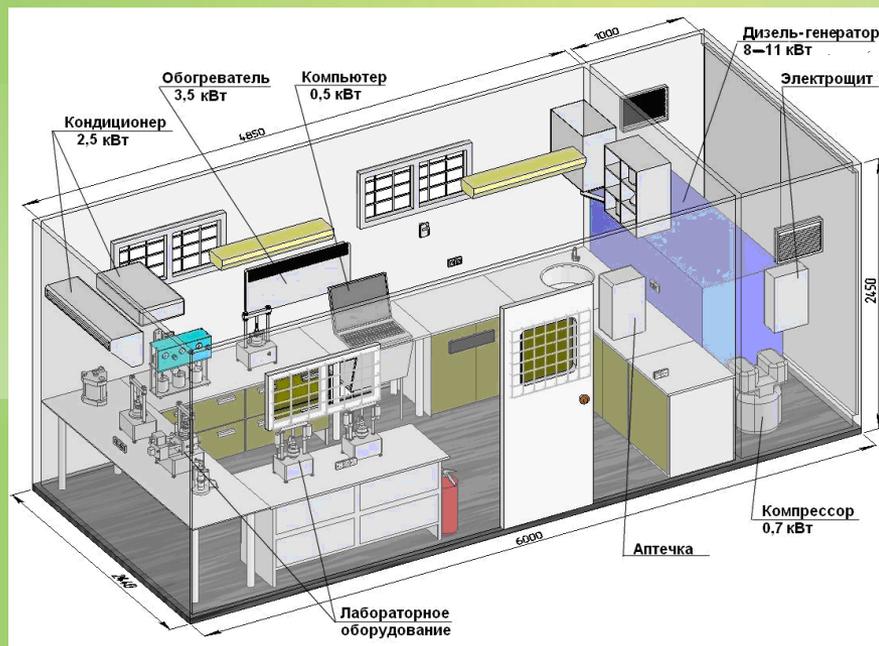


Реализация, май 2015 год

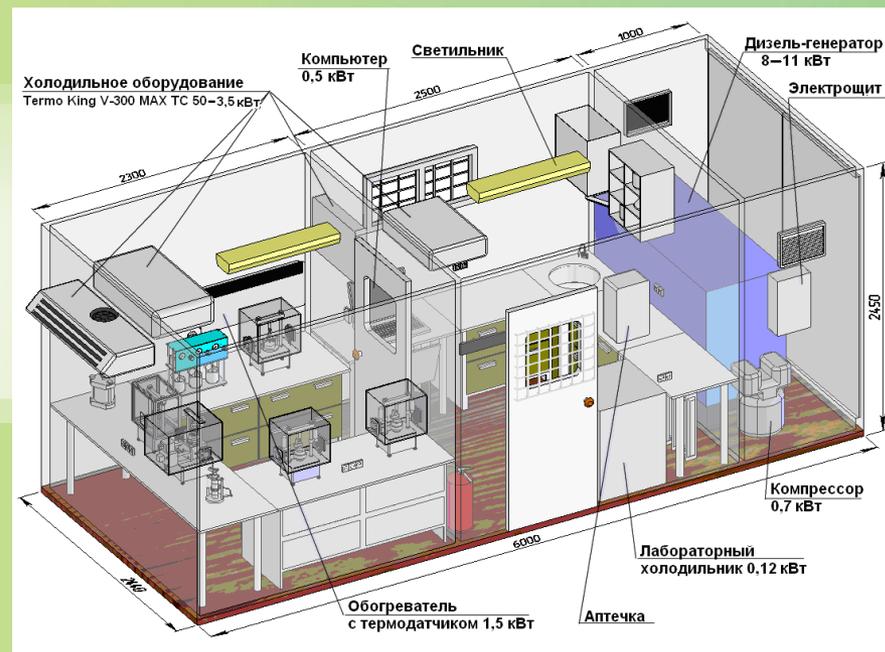
# Полевая лаборатория



# Передвижные лаборатории на базе контейнера длиной 6 м

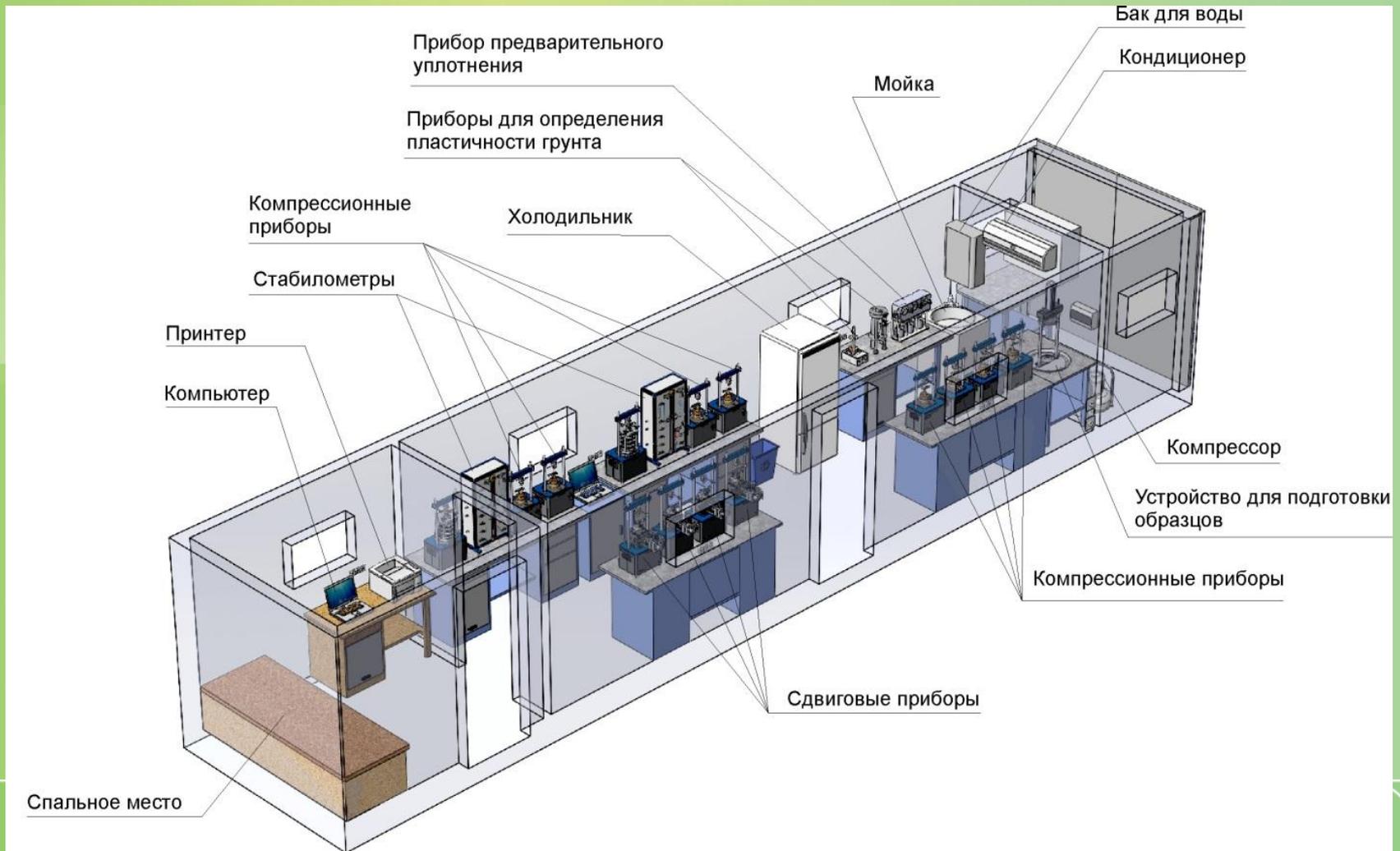


Испытания дисперсных грунтов



Испытания мерзлых грунтов

# Передвижные лаборатории на базе контейнера длиной 12 м



# Буровое зондирование



Комплект для испытаний методом бурового зондирования



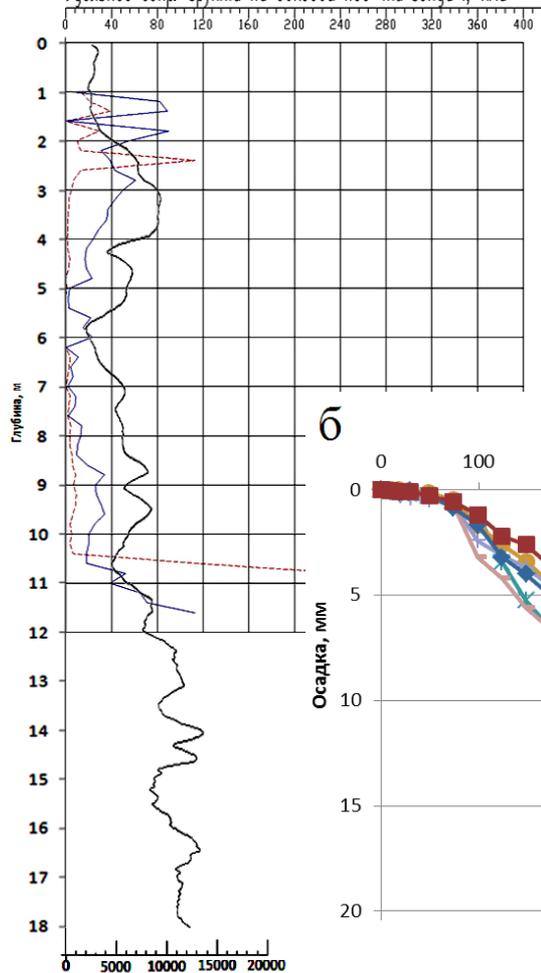
Соединение зонда с приводом бурового станка

# Бурение грунтов сплошным шнеком

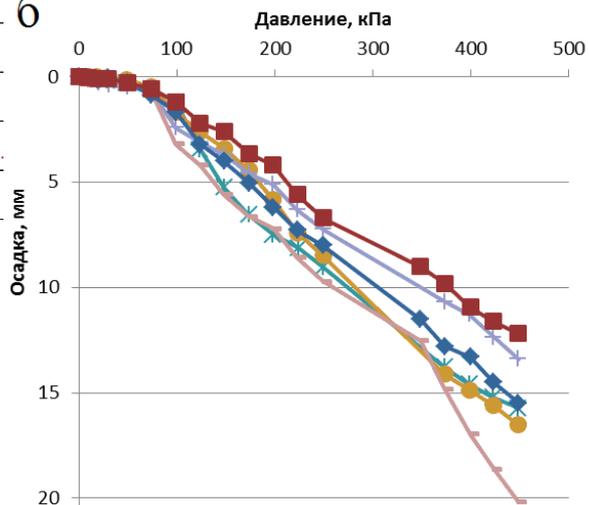
а

Данные статического зондирования

--- Удельное сопр. грунта под конусом зонда  $q$ , МПа  
— Удельное сопр. грунта на боковой пов-ти зонда  $f$ , кПа



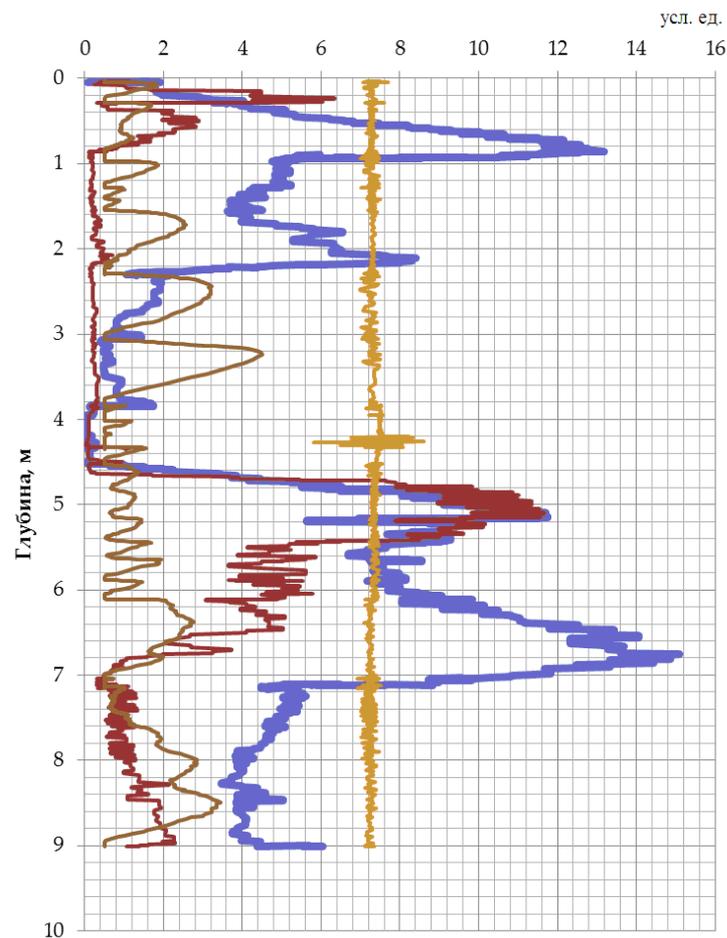
б



— Данные бурового зондирования (полная работа, Дж/м)

В

- Крутящий момент в верхней части бурового инструмента
- Осевая нагрузка в верхней части бурового инструмента
- Частота вращения
- Скорость проходки скважины



# Испытания винтовым штампом



Испытания буровым станком



Стандартные испытания

# Статическое зондирование



Комплект для испытаний методом  
Статического зондирования



# Дилатометр



Комплект для испытаний  
дилатометром

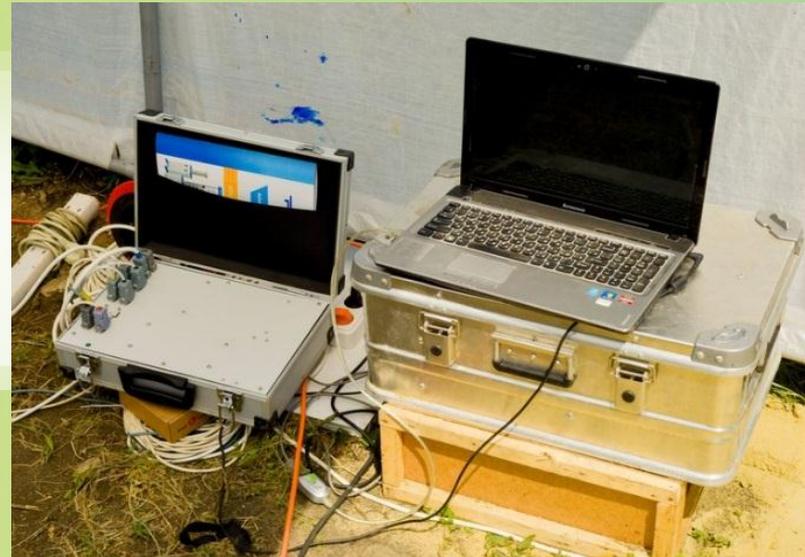


Задавливание дилатометра

# Исследования грунтов в шурфах



Комплект для испытаний

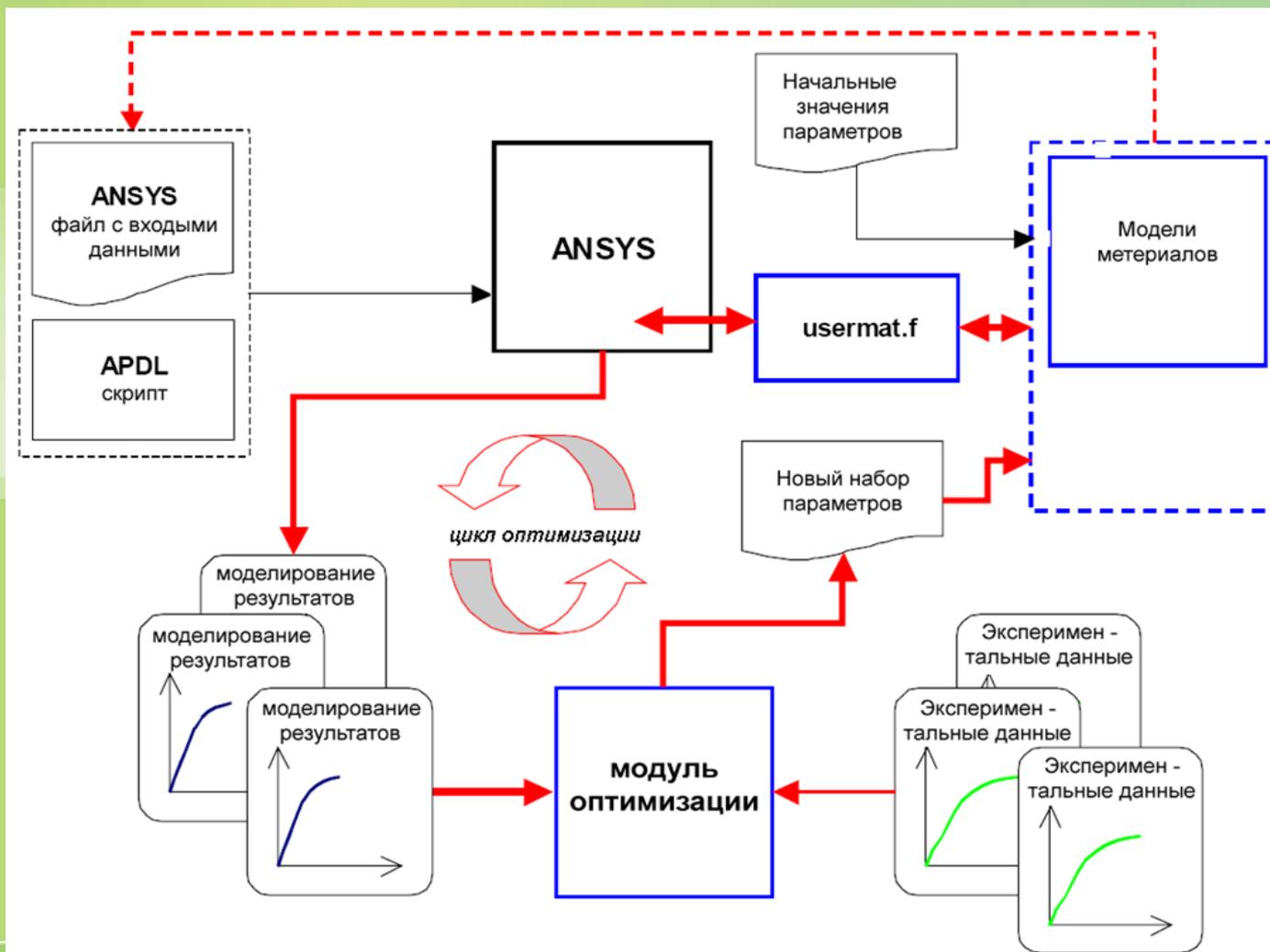


Система сбора данных

# Измерительно-вычислительный комплекс АСИС



# Идентификация параметров модели грунта



# Моделирование процесса трехосного сжатия



Прибор для испытаний  
на трёхосное сжатие

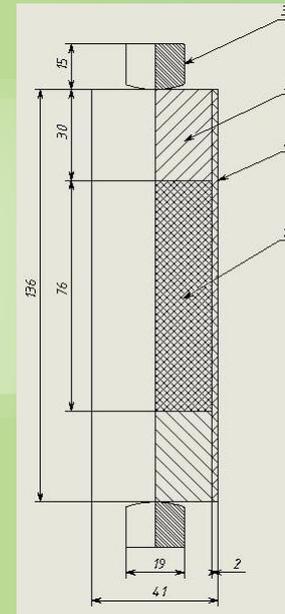


Схема нагружения:

- 1 – образец; 2 – штамп; 3 – индентор;
- 4 – резиновая оболочка

# Моделирование процесса компрессионного сжатия



Компрессионный прибор

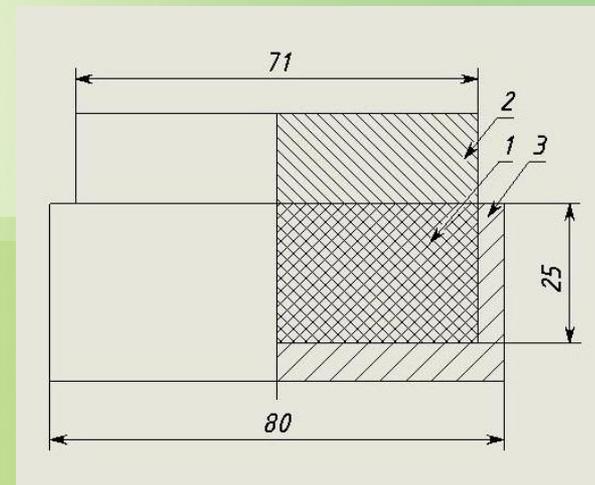
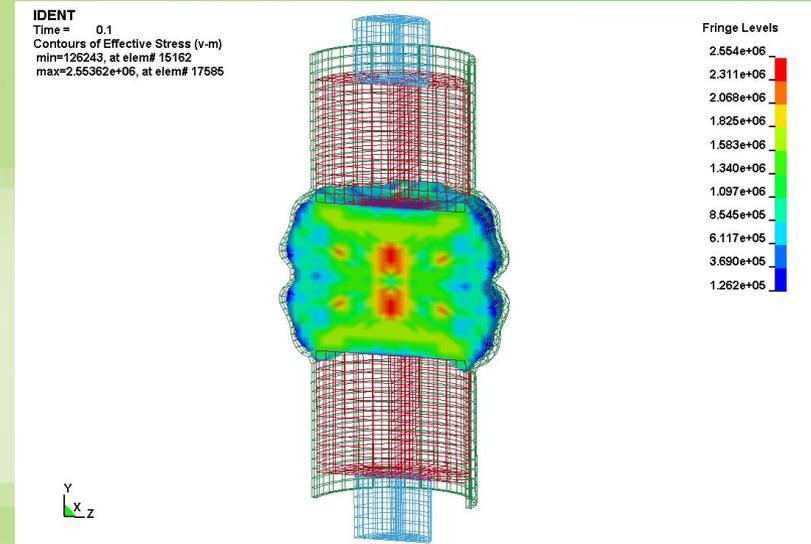
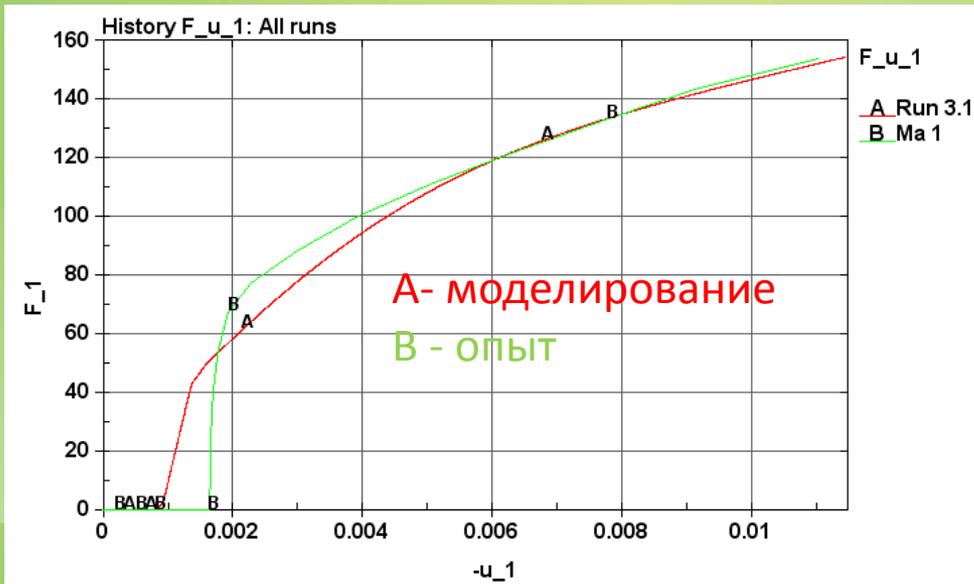


Схема нагружения: 1 – образец;  
2 – штамп; 3 – стальное кольцо

# Сопоставление результатов эксперимента и математического моделирования



## Результаты второго шага идентификации

Наименование варьируемого параметра	Наименование варьируемого параметра	Уровни варьирования		Оптимальные значения варьируемого параметра
		нижний	верхний	
Сцепление	c (COH)	2520	3080	3080
Угол внутреннего трения при пиковой прочности	$\varphi_{\max}$ (PHIMAX)	0,405	0,495	0,454

# Прибор для испытаний крупнообломочных грунтов



Общий вид стенда с массой



Образец диаметром 300 мм  
и высотой 600 мм